عملي مقرر

الصخور والفلزات

لطلاب السنة الثانية

كلية الهندسة البترولية

د. عبد الكريم العبد الله

أ. عادل الشبلي

مقدمة

يمكننا أن ننظر إلى الفلزات – بصفة عامة – على أنها المواد التي تتكون منها صخور القشرة الأرضية، وعلى هذا الأساس تعتبر الفلزات أهم صلة طبيعية متيسرة بين أيدينا لمعرفة تاريخ الأرض، أو بعبارة أخرى إنها السجل الذي سجلت فيه الحوادث المختلفة لتكون تاريخ الأرض. ويعتبر الجيولوجي الفلزات التي يجدها في الصخور والعروق منتجات نهائية لعمليات طبيعية كثيرة ومتشعبة ، ووظيفته الأولى هي الكشف وإزاحة الستار عن غوامض هذه العمليات. وأول ما يقوم به جيولوجي الفلزات في هذه الوظيفة هو دراسة خواص أنواع الفلزات (بلورية ، فيزيائية ، كيميائية) ونشأتها ، وعلاقتها الزمانية والتسلسل الزمني لتكونها أو ما نسميه بالنشأة التتابعية. إن معظم أنواع الصخور تتكون من مخاليط فلزات عدة، ولكن قلة من الصخور، مثل الحجر الكلسي تتكون أساسا من فلز واحد. والغالبية العظمى من الفلزات توجد في الطبيعة مكونة الصخور المختلفة ، أما الباقي فيوجد في الطبيعة مكونا العروق ومالئاً الفجوات ، ومعظم فلزات هذا النوع الأخير من الظهور والتواجد في الطبيعة ذو فائدة اقتصادية ، وتعرف هذه الفلزات باسم الخامات Ores ، ومنها استخرج الفلزات المختلفة التي تستفيد الحضارة البشرية منها.

يتضمن المقرر العملي ما يلي:

- تعريف بالأنظمة البلورية للفلزات
- الصفات البصرية الفيزيائية للفلزات
- الصخور النارية
- الصخور الرسوبية
- الصخور المتحولة

الفلزات

الفلز هو كل مادة صلبة متجانسة تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية وله تركيب كيميائي محدود ونظام بلوري مميز.



بلورات نقية لمعدن الكوارتز

ويمكن التعرف على الفلزات من خلال خصائصها وأهم هذه الخصائص:

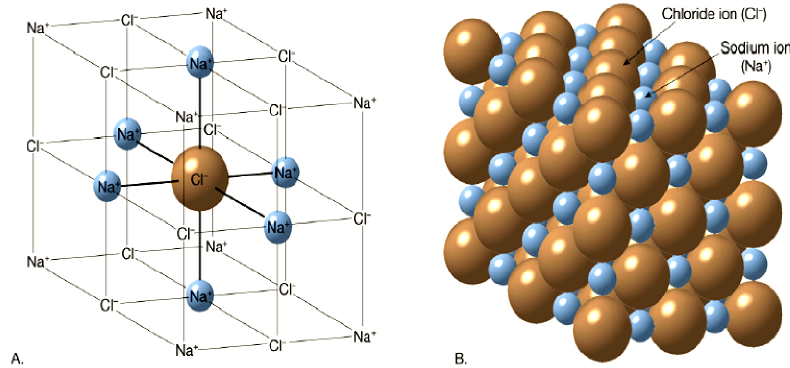
1- الخصائص البلورية.
2- الخصائص الفيزيائية البصرية.
3- الخصائص الكيميائية .

الخصائص البلورية.

تعريف البلورة بأنها عبارة عن جسم صلب متجانس يحده أسطح مستوية تكونت بفعل عوامل طبيعية تحت ظروف مناسبة من الضغط والحرارة._والأسطح المستوية التي تحدد البلورة تعرف باسم أوجه البلورات. والأوجه البلورية في الحقيقة هي تعبير وإظهار للترتيب الذري الداخلي للمادة المتبلورة. والعملية التي تنتج لنا بلورات تعرف باسم عملية التبلور.

يمكن أن نتصور البلورة كبنيان يتكون من وحدات غاية في الدقة تتكرر بانتظام في الأبعاد الثلاثة. وأساس البناء البلوري هو التكرار. وتترتب هذه الوحدات المتشابهة عن نقاط منتظمة في الأبعاد الثلاثة بطريقة تجعل كل نقطة لها نفس الظروف المحيطة بالنقاط الأخرى ، وبتحديد هذا الترتيب بواسطة اتجاهاته الثلاثة والمسافات التي تتكرر عندها النقاط في هذه الاتجاهات. وتكون الوحدات البنائية المرصوصة في ترتيب الهيكل الفراغي (ترتيب فراغي بدائي أو ترتيب فراغي ممركز في الداخل) البلورات التي نمسكها بين أيدينا. ففي البلورة كما في الفلزات العنصرية (أي التي تتكون من عنصر واحد)، نجد الذرات غير مشحونة ، ولكن في معظم الحالات تحمل الذرات شحنات كهربية ، وتعرف حينئذ باسم أيونات (تعرف الموجبة

منها باسم كاتيونات بينما تعرف السالبة باسم أنيونات). نقصد بكلمة بناء البلورة ترتيب الأيونات والمجموعات الأيونية في الفراغ وطبيعة الروابط الكهربائية التي تضم هذه الأيونات إلى بعضها البعض، ومدى قوة هذه الروابط. ويمكن تشبيه الوحدات البنائية (الذرات والأيونات والحشود الأيونية) ببلوكات في بنيان حائط بينما تشبه الروابط الكهربية بين هذه الوحدات البنائية ، بالاسمنت الذي يضم البلوكات بعضها إلى بعض.



الترتيب الداخلي لبلورة فلز الهاليت

<u>الخواص الخارجية للبلورات:</u>

1- الأوجه البلورية: تتميز البلورة عن المادة المتبلورة في أنه لها أسطحا مستوية خارجية تعرف بالأوجه البلورية وهي التي تشمل أكبر عدد ممكن من الذرات. ولما كان البناء الذري الداخلي للمادة المتبلورة ثابت ، فإنه ينتج عن ذلك أن الأوجه البلورية الخارجية لابد وأن تكون ذات علاقة ثابتة مع بعضها البعض. هذه العلاقة الثابتة بين الأوجه البلورية توجد في الزوايا التي تكونها الأوجه. وهذه الحقيقة تعرف باسم **قانون ثبات الزوايا بين الوجهية** Law of constancy of interfacial angles.

وينص هذا القانون على أن زاوية الميل بين وجهين بلورين (زاوية بين وجهية) ثابتة في بلورات المادة الواحدة (عند درجة الحرارة الواحدة). وهذا القانون أساسي ومهم جدا في علم البلورات ، فبواسطته يمكن التعرف على كثير من الفلزات ، وذلك إذا قسنا الزوايا بين الوجهين بدقة (بواسطة جهاز يعرف باسم الجونيومتر) إذ أن هذه الزواياة مميزة لكل فلز.

2- التناظر Symmetry :

هو التكرار المنتظم والصحيح للعناصر الخارجية للبلورات (الأوجه والأضلاع و الرؤوس) بتطبيق عمليات التناظر باستخدام أشكال هندسية هي عناصر التناظر. فنلاحظ أن وجه

البلورة مثلا أو أحد أحرفها يتكرر عدة مرات – أي يوجد في أماكن متناظرة عددا من المرات – طبقا لقانون ثابت. ويعتبر التناظر أساسا في دارسة البلورات.

<u>والعمليات التناظرية المعروفة هي:</u>

1- دوران حور محور (محور التناظر الدوراني)

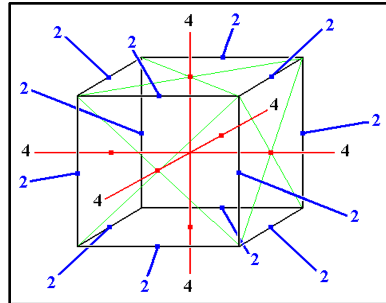
2- انعكاس خلال مستوى (مستوى التناظر)

3- انقلاب حول مركز (مركز التناظر)

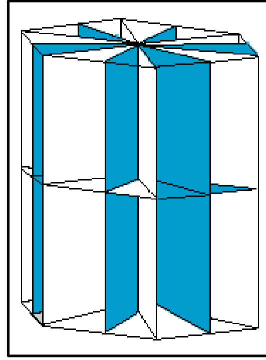
ويعرف المحور والمستوى باسم عناصر التناظر.

1-2-محور التناظر الدوراني Rotation axis of symmetry (L).

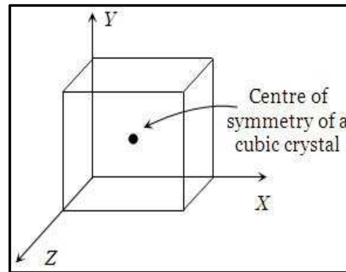
وهو عبارة عن الخط الذي يمر بمركز البلورة والذي تدور أو تلف حوله البلورة وينتج عن هذا أن يتكرر وضع البلورة. أي ظهور وجه أو حرف ما مرتين أو أكثر ومتخذا في كل مرة وضعها مشابها للموضع الاول خلال دورة كاملة (أي 360 درجة) . ويطلق على المحور اسم ثنائي التناظر أو ثلاثي التناظر أو رباعي التناظر أو سداسي التناظر ، حسب عدد المرات التي يظهر فيها الوجه على البلورة في الدورة الكاملة. ففي حالة المحور ثنائي التناظر (L2) يظهر الوجه كل 180 درجة. ويتكرر وضع البلورة مرتين في 360 درجة. وفي حالة المحور ثلاثي التناظر (L3) يظهر الوجه كل 120 درجة ، وفي رباعي التناظر (L4)، فإن الوجه يظهر كل 90 درجة ، ويتكرر وضع البلورة أربع مرات خلال 360 درجة. وفي حالة المحور سداسي التناظر (L6)، يظهر الوجه مرة كل 60 درجة ، ويتكرر وضع البلورة ست مرات في الدورة الكاملة. ويرمز للمحاور التناظرية بالرموز الآتية: L2 ، L 3 ، L4 ، L6 .



2-2- مستوى التناظر Plan of symmetry (P): وهو المستوى الذي يقسم البلورة إلى نصفين متشابهين بحيث إذا وضعنا أحد النصفين أمام مرآة فإن الصورة الناتجة تنطبق تماما على النصف الآخر للبلورة .



2-3- مركز التناظر Center of symmetry (C) تحتوي البلورة على مركز تناظر اذا قابل الخط المار بالمركز من أي نقطة على سطح البلورة نقطة مشابهة لها تماما على الجزء المقابل .



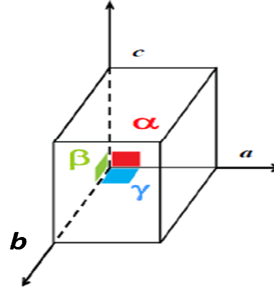
3-صيغة التناظر Symmetry formula :

يمكن كتابة عناصر التناظر في البلورة في هيئة قانون أو صيغة يعرف باسم قانون التناظر الكامل Complete Symmetry formula ، وذلك باستعمال الرموز التناظرية (L, Li, P, C).

مثال: L3 3L2 3P C. يعني أن البلورة تملك محور تناظر من الدرجة الثالثة وثلاث محاور من الدرجة الثانية و ثلاث مستويات تناظر و مركز تناظر.

4- المنظومات البلورية Crystallographic systems :

البلورة بنيان متكامل مؤلف من وحدات منتظمة ومتكررة في الأبعاد الثلاث (عدد لا متناهي من متوازيات السطوح الحجمية المتماثلة بالشكل والمتساوية بالمقاييس). وهذه الوحدات تدعى الخلية البلورية الأولية، وهي متوازي سطوح حجمي أولي تتوضع في رؤوسه عقد الشبكة الفراغية (حيث تتوضع الذرات والجزيئات) و تتكون من تكراره في جميع الاتجاهات الشبكة الفراغية. إن ثوابت الخلية البلورية الأولية هي : 1- أطوال الأضلاع a, b, c و 2- الزوايا γ ، β ، α بين هذه الأضلاع

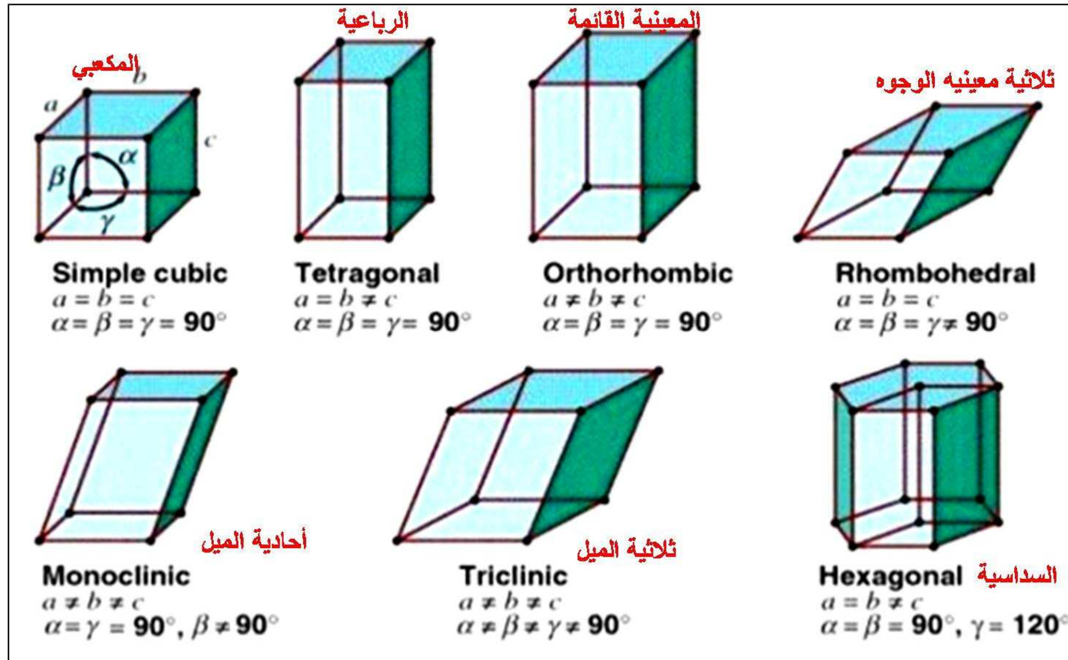


ثوابت الخلية البلورية الأولية

ثوابت الخلية البلورية وتصنيف البلورات:

تتبع البلورات سبعة أقسام تعرف باسم المنظومات البلورية السبعة ، يمكن التعرف عليها على أساس المحاور التناظرية الموجودة وحسب ثوابت الخلية البلورية الأولية كما يلي:

1- المكعب
2- السداسي
3- الرباعي
4- الثلاثي المعيني
5- المعيني القائم
6- أحادي الميل
7- ثلاثي الميل



المكعب Cubic System

Simple cubic $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	3L4 4L3 6L2 9P C

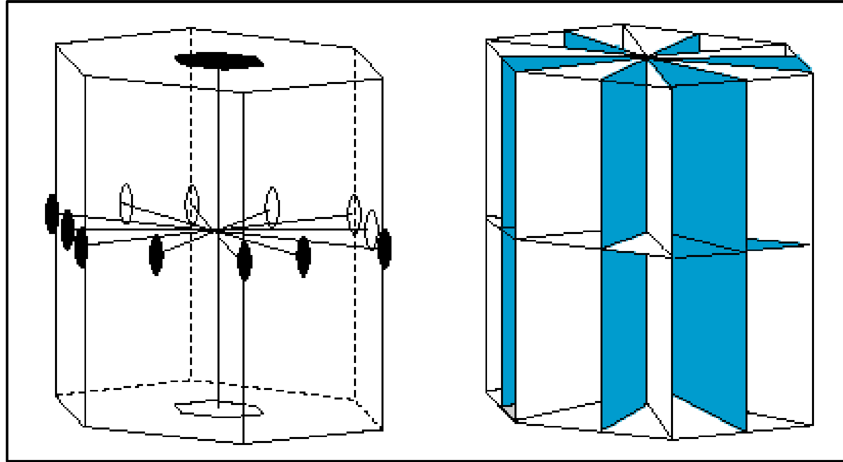
أمثة من فلزاتها: ماجنتيت (Fe3O4) Magnetite، فرانكلينيت (Fe2O4) Franklinite ، جالينا (PbS) Galena، فلوريت (CaF2) Flourite ، هاليت (NaCl) Halite ، جارنت Garnet (Fe3Al2Si4O2)،

السداسي Hexagonal System

Hexagonal
$a = b \neq c$
$\alpha = \beta = 90°, \gamma = 120°$

L6 6L2 7P C

أمثة من فلزاتها: يتبلون فلز بيريل (Be3Al2Si6O16) Beryl ، كذلك يتبلور في هذا النظام فلزات مولبدينيت (MoS2) Molybdenite ، بيروتيت.Pyrobotite (FeS)

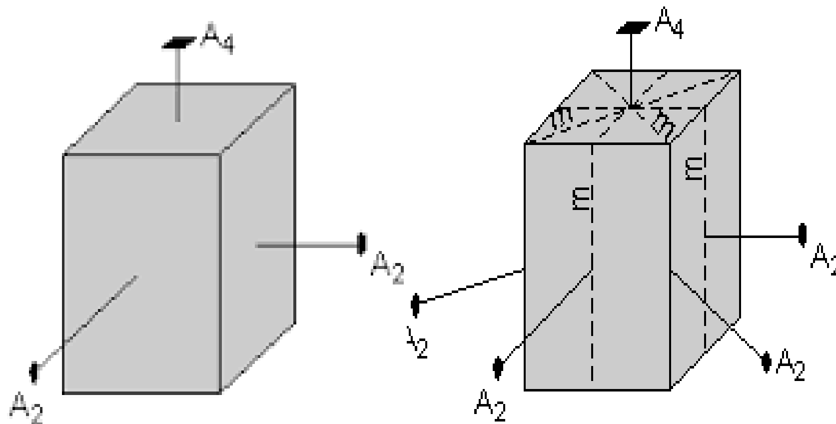


فصيلة الرباعي Tetragonal System

Tetragonal
$a = b \neq c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$

L4 4L2 5P C

أمثة من فلزاتها: زركون، بروتيل ، كاستيرتيت.

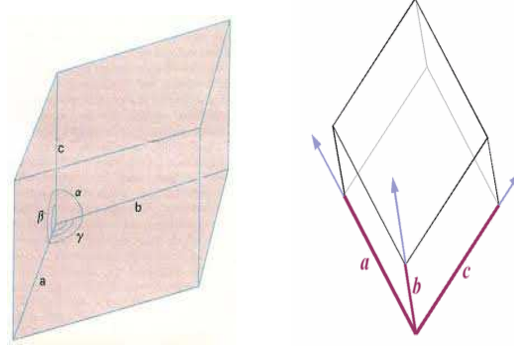


فصيلة الثلاثي Trigonal System

Rhombohedr
$a = b = c$
$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$

L 3 3L2 3P C

يتبلور في هذا النظام الثلاثي الكامل التناظر الفلزات التالية: كالسيت ، سيديريت ، كوراندوم ، هيماتيت.

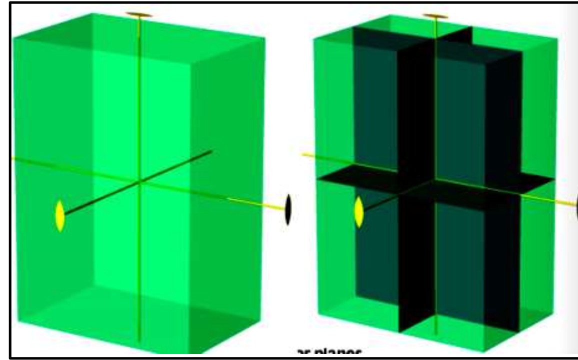


فصيلة المعيني القائم Orthohombic System

Orthorhombic
$a \neq b \neq c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$

3L2 3P C

أمثة من فلزاتها: يتبلور في هذا النظام المعيني القائم الكامل التناظر عدد كبير من الفلزات نذكر منها: الكبريت المعيني، باريت $(BaSO_4)$ ، توباز $[Al(F_2OH)_2\ AlSiO_4]$ ، أوليفين $[(Mg_2Fe)_2\ SiO_2]$،

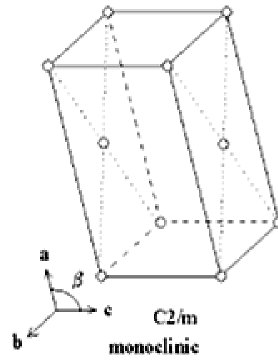


أحادي الميل Monoclinic System

Monoclinic
$a \neq b \neq c$
$\alpha = \gamma = 90°, \beta \neq 90°$

L2 P C

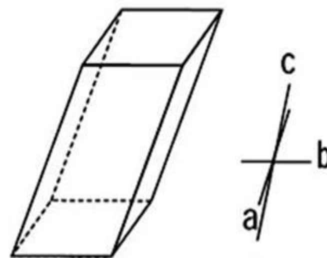
أمثلة من فلزاتها: يتبلور في هذا النظام عدد كبير من الفلزات ، من بينها معظم فلزات السليكات المكونة للصخور النارية. نذكر منها: أرثوكليز Orthoclase (KALSi8O8) و الأوجيت Augite (Ca Al Fe Mg Silicate) و هورنلبند Hornblende [Ca Al Fe Mg (OH) silicate]. و الجبس Gypsum $(CaSO_4 . 2H_2O)$



فصيلة ثلاثي الميول Triclinic System

Triclinic	C
$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	

أمثلة من فلزاتها: يتبلور في هذا النظام البلاجيوكلاز وهي من الفلزات الأساسية في تكوين الصخور النارية ،ومن أمثلتها ألبيت (NaAlASi8O8 Albite ، أنورثيت Anorthite ‎(CaAl2Si2O8)،



الخصائص البصرية والفيزيائية:

البريق Luster : وهو عبارة عن المظهر الذي يبديه سطح الفلز في الضوء المنعكس. ويمكن تقسيم بريق الفلزات إلى نوعين: معدني ولا معدني.

البريق المعدني: هو ذلك البريق الذي تعطيه المعادن. ومن أمثله الفلزات التي لها بريق معدني بيريت Pyrite (FeSz) ، وجالينا Galena (PbS) ، ومثل هذه الفلزات تكون معتمة وثقيلة الوزن.

أما أنواع البريق الأخرى فتوصف بأنها لا معدنية. ونلاحظ أن الفلزات ذات البريق اللامعدني - بصفة عامة – تكون فاتحة اللون ، وتسمح بمرور الضوء خلالها وخصوصا في الأحرف الرفيعة. ويشمل البريق اللامعدني الأنواع الآتية:

بريق زجاجي :Vitreous of Glassy

بريق ماسي :Adamantino مثل بريق الألماس الساطح

بريق صمغي :Resinous ومن أمثلته بريق الكبريت ، وسفاليريت .Sphalerite (ZnS) .

بريق لؤلؤي :Pearly ، ومن أمثلته بريق التلك (الطلق) .Mg (OH) Silicate

بريق حريري :Silky وينتج عن الفلزات التي في هيئة ألياف، ومن أمثلته بريق الجبس

بريق كامد :Earth of dull ومن أمثلته بريق فلز الكاولين Al (OH) Silicate

اللون Color : اللون لا يمثل صفة أساسية في الفلز ، إذ كثيرا ما يكون اللون نتيجة لشوائب غريبة تصادف وجودها في كيان الفلز. وهناك فلزات لها لون ثابت يساعد في التعرف عليها مثل الكبريت (أصفر) والملاكيت Malachite [Cu (OH) Carbonise]

هناك فلزات ليس لها لون ثابت، وتظهر ألوانا مختلفة في العينات المختلفة ، ويكون السبب في تغير اللون وجود شوائب تعمل عمل الأصباغ فتصبغ الفلز بلون مخالف للونه إذا كان نقيا، ومن الأمثلة المعروفة أنواع الكوارتز الورديRose quartz ، والكوارتز البنفسجي Amethyat ، والكوارتز الأحمر خفي التبلور crysptocrystalline ، المعروف باسم جاسبر jasper ، إذ تنتج هذه الألوان عن وجود شوائب مثل أكسيد الحديد (اللون الأحمر) أو أكاسيد المنجنيز (اللون البنفسجي).

لون المخدش Streak : وهو لون مسحوق الفلز الناعم. وليس من الضروري أن يكون لون الفلز مثل مخدشه ، فمثلا فلز بيريت لونه كالنحاس الأصفر ولكن مخدشه أسود. ولما كان

المخدش خاصية ثابتة بالنسبة للفلز الواحد لذلك فإن تعيينه بالنسبة للفلزات ذات الألوان المتغيرة يعتبر ذا أهمية كبرى، إذ يساعد كثيرا على التعرف على الفلز.

الشفافية Transparency : تعبر هذه الخاصية عن قدرة الفلز على إنفاذ الضوء . وتصنف الفلزات هنا إلى: فلزات شفافة، فلزات نصف شفافة، فلزات عاتمة. وتعرف الفلزات التي تسمح برؤية الأجسام من خلالها بوضوح وسهولة باسم فلزات شفافة . فإذا بدت الأجسام غير واضحة فإن الفلز يعتبر في هذه الحالة نصف شفاف . أما الفلز المعتم فهو الذي لا يسمح بنفاذ الضوء حتى خلال أحرفه الرفيعة. ومن أمثلة الفلزات المعتمة البيريت ، الجالينا ، الجرافيت ، الكالكوبيريت.

الصلادة أو القساوة Hardness: تعبر عن مقدار المقاومة التي يبديها الفلز تجاه الخدش والتآكل. ويمكن تعيين درجة القساوة بملاحظة السهولة أو الصعوبة التي ينخدش بها الفلز بواسطة دبوس أو نصل سكن حاد. وتعتبر القساوة من الخواص الفيزيائية الهامة للفلز التي تساعد في التعرف على الفلز. ويمكن تعيين قساوة الفلز تعيينا نسبيا ، وذلك بمقارنتها بقساوة الفلزات المرتبة تبعا لزيادة درجة قساوتها في مقياس القساوة المعروف باسم مقياس موهس ، الذي يحتوي على عشرة فلزات تبتدئ بأقل الفلزات قساوة وهو التالك وتنتهي بأكثر الفلزات قساوة وهو الألماس ، وبين الإثنين يوجد ثمانية فلزات لها أرقام تمثل درجة الصلادة النسبية من 2 إلى 9. وفيما يلي مقياس موهس للقساوة:

1- التالك Talc
2- الجبس Gypsum
3- الكالسيت Calcite
4- الفلوريت Fluorite
5- الأباتيت Apatite
6- الأرثوكليز Orthoclase
7- الكوارتز Quartz
8- التوباز Topaz
9- الكوارندوم Corundum
10- الألماس Diamond

مثال: فإذا أردنا معرفة صلادة أي فلز اختبرناه بالظفر أو بنصل المبراة لمعرفة موضعه بين الفلزات الأخرى ، ثم نجرب على سطحه الفلزات المقاربة له ، حتى نحدد موضعه بين الفلز الذي يخدشه والفلز الذي ينخدش به. مثلا نجد أن فلز البيريت يخدش فلز الأرثوكليز (6) ، ولكنه لا يخدش الفلز الذي يلي الأرثوكلاز _ينخدش نفسه بذلك الفلز – الكوارتز. أي أن صلادة البيريت وسط بين صلادة الأرثوكلاز (6) وصلادة الكوارتز (7) أي 6.5. ويجب ملاحظة أن الأرقام المعطاة للفلزات في مقياس موهس للقساوة تمثل القساوة النسبية، درجات الصلادة التالية لبعض المواد:

الظفر حتى 2.5 - زجاج النافذة حتى 5.5 - عملة نحاسية حتى 3 - لوح المخدش حتى 6.5 - نصل سكين حتى 5.5 - مبرد صلب 6-7 .

المكسر Fracture : يعرف المكسر بأنه نوع السطح الناتج عن كسر الفلز في مستوى غير مستوى الإنفصام. تعطي الفلزات التي ليس فيها إنفصاما مكسرا بسهولة، وتستخدم الصفات التالية في وصف الأنواع المختلفة من المكسر.

<u>محاري</u>: يشبه السطح المكسور الشكل الداخلي لصدفة المحارة ومن أمثلته مكسر الكوارتز.

<u>متشظ</u>: يكون السطح الناتج جاف غير منتظم وهو منتشر بين كثير من الفلزات ، مثل البيريت

ترابي: سطح غير منتظم يعطي بواسطة الفلزات الترابية ، مثل الكاولينيت والليمونيت.

مسنن: يكون السطح الناتج عن الكسر ذا أسنان حادة مدببة مثل مكسر قطعة من النحاس.

اسم الفلز الصيغة الكيميائية	اللون	المخدش	البريق	الشفافية	القساوة	المكسر

التصنيف الكيميائي للفلزات

لعل من أهم أسس التصنيف الفلزي هو التصنيف الكيميائي حيث يعتمد على البنية الكريستالو كيميائية ونوع الروابط الكيميائية التي تجمع مكوناتها وهنا يمكن تمييز عدة مجموعات فلزية هي :

1-فلزات العناصر الحرة : الغرافيت والألماس والذهب .

2-فلزات الكبريتيدات: وهي ذات أهمية اقتصادية كبيرة وهي عالية الكثافة مخدشها أسود أو داكن اللون عموماً ومن أشهرها الغالينا و البيريت.

3-فلزات الهاليدات : وتشمل الهالوجينات سالبة الشحنة وأهمها : الفلوريت و الهاليت.

4-فلزات الأكاسيد : وأهم فلزات هذه المجموعة الهيماتيت.

5-فلزات الكربونات : ومن أهم فلزاتها : فلز الأراغونيت والكالسيت والدولوميت.

6-فلزات الكبريتات : من أهم فلزاتها الجبس –الانهيدريت.

7-فلزات الفوسفات: وأكثرها شيوعاً (الأباتيت الذي يعتبر مصدراً لإنتاج الأسمدة الفوسفاتية

8-فلزات السيليكات: ومن امثلتها : الأوليڤين والبيروكسين و الأمفيبول ومن فلزات السيليكات كذلك فلزات الغضار.

ابحث في الصفات الفيزيائية والبصرية للفلزات التالية:

الألماس- الغرافيت- البيريت- الغالينا- الفلوريت- الهاليت-الهيماتيت-الكالسيت-الدولوميت-الجص-الأنهدريت-الأباتيت-الأوليفين-البيروكسين.

اسم الفلز	التصنيف والصيغة الكيميائية	أهم الصفات الفيزيائية والبصرية

أهم الصفات الفيزيائية والبصرية	التصنيف والصيغة الكيميائية	اسم الفلز

الصخور

الصخور بجانب كونها مجموعة من الفلزات، فإنها تمثل الجزء الأساسي في تركيب القشرة الأرضية. وفي هذه الحالة يكون للصخر خاصية مميزة تميزه عن صخر آخر وتجعله وحدة قائمة بذاتها. وعلى ذلك يمكن اعتبار الصخر على أنه الوحدة الأساسية في بناء الأرض، أما الفلز فهو وحدة الصخر. وتختلف الصخور عن بعضها البعض من حيث أنواع الفلزات المكونة لها، وعلاقة هذه الفلزات ببعضها البعض في الصخر الواحد.

ويمكن تقسيم الصخور حسب نشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

-الصخور النارية igneous Rocks ، وتشمل جميع المواد الأرضية التي كانت في فترة سابقة مواد مصهورة، أو بتعبير آخر الصخور التي تجمدت من مواد مصهورة (ماغما أو لافا) مثل الجرانيت والبازلت.

-الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks ، وتشمل جميع المواد الأرضية التي ترسبت بواسطة عوامل طبيعية مثل المياه والرياح ومن أمثلتها الحجر الرملي والحجر الكلسي والغضار.

الصخور المتحولة Metamorphic Ricks ، وهي صخور كانت في أول تكونها إما نارية أو رسوبية ثم تاثرت بعوامل أدت إلى تعرضها إما لحرارة مرتفعة جدا أو لضغط أو الاثنين معا. فاكتسبت من جراء ذلك معالم جديدة ليست لأي من نوعي الصخر الأصليين. أي أنها تحولت من الحالة الأصلية (نارية أو رسوبية) إلى حالة جديدة (متحولة). ومن أمثلتها الشست و الغنيس.

الصخور النارية:

تتكون الصخور النارية نتيجة لتجمد الماغما داخل الأرض أو تجمد اللافا على سطح الأرض. إذاً هي نتاج النشاط المغماتي وهي صخور ذات منشأ داخلي تنتج من تبلور المادة المنصهرة (الماغما) التي هي صهارة سيليكاتية مشبعة بالماء والغازات الطيارة كالفلور والكلور وثاني أكسيد الكربون. عند التبلور في الأعماق، يكون التبريد بطيء وتنتج صخور مع حبات بلورية كاملة. وعند التبلور عند السطح، يكون التبريد سريع وتنتج صخور خفية التبلور أو زجاجية.

يمكن دراسة الصخور النارية على أساس الخواص التالية: التركيب الفلزي - التركيب الكيميائي – اللون - البنية و النسيج - شكل وجودها في الطبيعة.

<u>تصنيف الصخور النارية كيميائيا إلى:</u>

1- صخور حامضية Acid rocks وهذه تحتوي على نسبة من السليكا أكثر من 65% (من 65% - 80%)، وتحتوي على فلزات الأرثوكلاز ، البلاجيوكلاز الصودي والكوارتز، وكمية قليلة من الفلزات الحديدو-مغنيزية (مثل البيوتيت). ومن أمثلتها الجرانيت والجرانوديوريت والريوليت

2-صخور متوسطة الحموضة Intermediate rocks نسبة السليكا بها بين 52% و 65% ، ونسبة الحديد والمغنزيوم بها متوسطة. ولونها أغمق من الصخور الحامضية. ومن أمثلتها الديوريت والأنديزيت.

3-صخور أساسية Basic rocks نسبة السليكا بها أقل من 52-45% ونسبة الحديد والمغنزيوم بها أعلى من النوعين السابقين، ولونها يميل إلى السواد. وهذه الصخور تحتوي على الفلزات الحديدو-مغنيزية بكثرة وكذلك البلاجيوكلازات الكلسية بنسبة متوسطة، ولكن لا يوجد كوارتز. ومن أمثلتها الجابرو والبازلت.

4-صخور فوق أساسية ultra-Basic rocks نسبة السليكا بها أقل من 45% ونسبة الحديد والمغنزيوم بها عالية، ولونها غامق مزرق أو مخضر. وهذه الصخور تحتوي على الفلزات الحديدو-مغنيزية بكثرة وكذلك البلاجيوكلازات الكلسية بنسبة قليلة. ومن أمثلتها البيرودوتيت.

البنية و النسيج Structure and Texture

تختلف الصخور النارية لدرجة كبيرة بالنسبة لحجم البلورات والحبيبات المكونة لها وبالنسبة لطريقة ترتيبها وترابطها، وتعيين هذه الخواص المختلفة للفلزات المكونة للصخر الناري وعلاقتها ببعضها البعض هو تعيين لخاصيتي البنية والنسيج، فالنسيج يعبر عن توزع المكونات الفلزية في الفراغ وطريقة تجميعها لتشكل الصخر. والبنية تحدد من خلال درجة التبلور والمقاييس النسبية للحبات الفلزية وأشكال الحبات الفلزية.

وتتوقف درجة التبلور على السرعة التي بردت بها الماغما. فالصخور التي تكونت في جوف الأرض بعيدة عن السطح لابد أنها بردت ببطء شديد يسمح بنمو البلورات وكبر حجمها أثناء تجمد الماغما، وينتج عن ذلك أن يتكون للصخر المتبلور في مثل هذه الظروف، أي في مناطق بعيدة عن السطح، **بنية خشنة**، ويمكن رؤية مكوناته الفلزية وتمييزها بكل سهولة بواسطة العين المجردة – مثل هذه الصخور التي تعرف عادة باسم الصخور الجوفية ، أما إذا ظهرت الماغما على سطح الأرض في هيئة حمم فإنها تبرد وتتجمد بسرعة. وتحت هذه الظروف لا تجد

البلورات الصغيرة البادئة في التكون فرصة للنمو. ويحدث أن يتكون صخر دقيق الحبيبات ، ويعرف النسيج بأنه **بنية دقيقة الحبيبات** ، ويمكن تمييز البلورات في هذه الحالة بواسطة عدسة مكبرة. أما إذا لم يمكن تعيين البلورات إلا بمساعدة الميكروسكوب فيسمى بنية الصخر الناري في هذه الحالة باسم **بنية مجهرية التبلور**،وهناك بعض الحالات لا يمكن تمييز البلورات فيها حتى بالميكروسكوب العادي وفي هذه الحالة تسمى بنية الصخر الناري **بنية خفية التبلور**.

وتتفق جميع هذه الأنواع المختلفة السابقة من البنية في أن جميع بلوراتها متساوية تقريبا في الحجم، ولذلك يقال أنها متساوية الحبيبات أو منتظمة الحبيبات ولكن هناك صخور يظهر فيها ما يسمى **بالبنية البورفيرية**، وفي هذه الحالة نجد عددا من البلورات الأكبر حجما موزعة في أرضية (قاعدة) مكونة من حبيبات أكثر نعومة. وتسمى البلورات الكبيرة في هذه الحالة باسم الفينوكريست Phenocrysts .

يميز الصخور العميقة والمندسة التي تتوزع الحبات فيها بشكل كيفي ومتساو في كتلة الصخر نسيج يدعى **النسيج الكتلي**، وهو النسيج الغالب في الصخور الاندفاعية.

تحتوي بعض الصخور النارية على نسيج انسيابي ناتجة عن وجود بعض بلورات الفلزات المكونة للصخر موازية لبعضها البعض تقريبا، ومرتبة في اتجاه واحد، إنه **النسيج التدفقي (السيلاني)** الذي يظهر ترتيب الفلزات في الصخر باتجاه حركة الصهارة المغماتية قبل أن تتصلب.

وفي الصبات البركانية السميكة نلاحظ أن الاجزاء الخارجية (التي تلامس الهواء وسطح الأرض) وعندما تتمدد الغازات في الطفح البركاني وتهرب منه في النهاية فإنها تترك فراغات في الصخر الناتج تعرف باسم الفقاقيع ، وينتج ما يسمى **بالنسيج الفقاعي أو الفراغي**. وقد تمتلئ هذه الفقاقيع بفلزات ثانوية ترسبت من محاليل مرت بهذه الفقاقيع فيتكون مايسمى **بالنسيج اللوزي**.

وصف بعض أنواع الصخور النارية المتوفرة في المخبر

اسم الصخر الناري	التصنيف	التركيب الفلزي	مكان التصلب	البنية	النسيج

الصخور الرسوبية

فالصخور الرسوبية إذاً هي الصخور الناتجة من تجمع طبيعي لفلز أو أكثر تنتج من عمليات تكسير أو إذابة الفلزات في الصخور الأقدم بواسطة عوامل التعرية والتجوية، ثم النقل كحبيبات آو مواد مذابة بواسطة عوامل النقل مثل الماء أو الهواء ثم الترسيب في أحواض الترسيب سواء كانت بواسطة الجاذبية أو بالتبخر فيتشكل الصخر الرسوبي. تغطي الصخور الرسوبية أكثر من 75% من سطح الأرض، وتشكلت على سطح الأرض نتيجة تخريب الصخور الموجودة سابقاً، أي ذات منشأ مرتبط بالعمليات الخارجية. تعتبر الصخور الرسوبية ذات أهمية اقتصادية كبيرة. فقد تكون صخوراً مولدة وخازنة للنفط والغار الطبيعي فضلاً عن المياه الجوفية، وبها نتعرف على تاريخ وتتطور الأرض ومايميزها عن غيرها هو التطبيق واحتوائها على مستحاثات .

تصنيف الصخور الرسوبية:

تصنف الصخور الرسوبية حسب المنشأ إلى:

1 -**صخور حطامية (فتاتية) المنشأ:** وهذه صخور مكونة من قطع مفتتة من صخور سابقة نقلت وترسبت دون أن يحدث لها تحلل كيميائي. ومن أمثلة هذه الصخور الكونجلوميرا والرمل والغضار.

2 -**صخور كيميائية المنشأ :** وهذه صخور تكونت نتيجة مواد زاد تركيزها في المحاليل المائية كالصوان أو بعد بخر المحاليل مثلاً، حيث تتعرض مياه البحيرات إلى درجة كبيرة من التبخر لتعطي رواسب الملح والجص وبعض أنواع الحجر الكلسي.

3 -**صخور عضوية المنشأ:** وهي نتيجة تراكم مواد البقايا الصلبة للحيوانات أو النباتات. فإذا ماتت هذه الأحياء تعرضت الأجزاء الرخوة للتحلل بينما تبقى المواد الصلبة لتتراكم تحت عوامل مناسبة، تتحول فيما بعد إلى صخور. وتشمل هذه الأنواع معظم الصخور الكلسية والطباشير (تتكون من أصداف ومحارات الحيونات المختلفة) والفوسفات والفحم.

بنية الصخور الرسوبية :

تتحدد خصاص البنية بظروف التشكل ولكل نمط من الصخور بنيته المميزة:

-**بنية الصخور الحطامية:** وهنا توصف البنية حسب مقاس المواد الحطامية: بنية حطامية خشنة- بنية رملية – بنية غضارية- بنية مختلطة......

-**بنية الصخور الكيميائية:** وهنا توصف البنية حسب مقاس البلورات و وضوحها:

بنية متبلورة بشكل واضح: البلورات اكبر من 1مم.

بنية متوسطة التبلور: البلورات من 1-0,1مم.

بنية خفية التبلور: البلورات من 0,1-0,01مم.

بنية بيليتية: البلورات اقل من 0,01مم.

-**بنية الصخور العضوية**: وهنا توصف البنية حسب حجم وشكل ودرجة حفظ الأشكال العضوية كالبنية القوقعية مشوهة (المحطمة) أو غير المشوهة.

نسيج الصخور الرسوبية :

ويصف ظروف التوضع وتغيراتها حيث يصف نسيج التطبق الداخلي ونسيج سطح الطبقة ، ويُدرس عادة في الحقل.

<u>**أمثلة من الصخور الرسوبية الحطامية:**</u>

الكونجلوميرات Conglomerate: صخور مكونة من الحصى والرمل متماسك بعضها ببعض، والقطع الكبيرة منها مستديرة الشكل عموماً، ويتدرج حجم القطع الصخرية المكونة للكونجلوميرات من حجم كبير (10 سم في القطر) إلى حجم صغير (يقرب من 2 ملليمتر في القطر) وفي هذه الحالة الأخيرة يتدرج الكونجلوميرات إلى الرمل الخشن.

الصخور الرملية: (الرمل والصخر الرملي) Sands and Sandstones : يطلق لفظ رمل على كل صخر مفكك أو غير متماسك يختلف فطر حبيباته من 2 ملليمتر إلى 16/1 مم ، ويصنف عادة إلى رمل خشن ورمل متوسط ورمل دقيق. فإذا تماسكت حبيبات الرمل كونت ما يسمى الصخر الرملي Sandstones

الصخور الحطامية الناعمة (اللوس): تتكون من حطاميات من مقياس صغير يقع بين الرمل والغضار. ألوانه فاتحة ، ومكون من الكوارتز (50%) والغضار (20%) والكلس (30%). تمتاز بمسامية ونفوذية عالية. منشأ اللوس ريحي. ملاطها كلسي أو سيليسي.

الغضار: تتكون من حطاميات من مقياس صغير جداً (أقل من 0,01مم) بنسبة لا تقل عن 30% في الرسوبات. تترسب الصخور الغضارية في أماكن بعيدة عن المصدر (مكان التجوية) بعد التجوية طويلة الزمن. تستقر وتتوضع الرواسب الغضارية في مياه هادئة

أمثلة من الصخور الرسوبية الكيميائية:

الصخور الكربوناتية الكيميائية: تترسب كربونات الكالسيوم عند انخفاض نسبة Co_2 في المحلول المائي الحاوي على بيكربونات الكالسيوم. بالتالي تتشكل بلورات من الأراغونيت أو الكالسيت التي ترسو نحو القاع لتشكل أوحالاً كلسية تتحول لصخور بفعل الدياجنيز.

الصخور السيليسية: وهي صخور مؤلفة من السيليس SiO_2 على شكل كوارتز أو أوبال.. وهي ذات قساوة عالية وذات منشأ كيميائي مثل الصوان والآغات.

الصخور الملحية: تتكون من اتحادات هالوجينية وكبريتية للصوديوم والبوتاسيم والمغنيزيوم والكالسيوم مثل الجص والهاليت وتكون على شكل طبقات سميكة أو عدسات.. تتشكل في اللاغونات والخلجان البحرية والبحيرات في مناخ جاف.

أمثلة من الصخور الرسوبية العضوية:

الصخور السيليسية: وهي صخور مؤلفة من السيليس SiO_2 على شكل كوارتز أو أوبال.. وهي ذات قساوة عالية وذات منشأ عضوي مثل الدياتوميت والراديولاريت.

الصخور الفوسفاتية: هذا الصخر يتكون في أول الأمر من تراكم عظام حيوانات فقارية بحرية وبرية من أسماك وزواحف تم تحويلها بمضي الزمن إلى فوسفات الكالسيوم (عظام الحيوانات البحرية تحتوي في المتوسط على نحو 60% من فوسفات الكالسيوم. وهي صخور الفوسفوريت (من فلز الأباتيت)، تكون على شكل طبقات رسوبية- توضعات عقدية ولها منشأ عضوي ومنشأ كيميائي.

الصخر الكلسي العضوي: وهذه هي أهم أنواع الصخور الكلسية وأكثرها انتشارا في الأرض. ويرجع تكوينها إلى قدرة بعض أنواع الحياة من حيوانات ونباتات على استخلاص المادة الكلسية من مياه البحار التي تعيش فيها وتحويلها إلى محارات وأصداف وبموت هذه الحيوانات والنباتات فتسقط محاراتها إلى قاع البحر وتكون رواسب كلسية وبمرور الزمن الطويل تتحول بالضغط إلى الصخور الكلسية. وتعرف الصخور الكلسية العضوية بأسماء مختلفة حسب نوع الأصداف أو المحارات الغالبة في تكوينها فمثلا يوجد حجر كلسي نموليتي

وصف بعض أنواع الصخور الرسوبية المتوفرة في المخبر

اسم الصخر الرسوبي	التصنيف	التركيب الفلزي	البنية و النسيج (بيئة الرسيب)

الصخور المتحولة

التحول هو إعادة تشكل الصخور الموجودة سابقاً، نارية ورسوبية ومتحولة، تحت تأثير العمليات الجيولوجية الداخلية. تتم إعادة التشكل في الحالة الصلبة، حيث يجري تغير في التركيب الفلزي أو حتى الكيميائي و كذلك بنية ونسيج الصخور الأولية. تشمل عوامل التحول الضغط، والحرارة، والسوائل الناشطة كيميائياً؛ وتعمل عليه، مجتمعة، في آن واحد. إلا أن درجة التحول، ومدى مساهمة كل من تلك العوامل فيه، يختلفان كثيراً، بين فينة وأخرى. ففي التحول من الدرجة المنخفضة، لا يتعرض الصخر لسوى ضغط وحرارة، هما أعلى قليلاً مما هما عليه في عمليات تصخر الرواسب. أما في التحول من الدرجة العالية، فإن الصخر، يتعرض لدرجة حرارة وضغط عاليَين قريبين من درجة الانصهار.

بنية الصخور المتحولة

1- البنية البلاستو بلورية: تعني كلمة بلاستو التبلور في الحالة الصلبة. ونميز حسب شكل الحبات المسيطرة في الصخر:

-البنية الغرانوبلاستية: أشكال وحجوم متشابهة للحبات الفلزية في الصخر.

-البنية الليبدوبلاستية: أشكال ورقية وحرشفية للحبات الفلزية.

-البنية النيمابلاستية: تكون الحبات إبرية وموشورية.

-البنية البورفيروبلاستية: تكون هنا حبات بلورية كبيرة ضمن كتلة من البلورات الصغيرة الأخرى.

2- البنية المتبقية: وهنا يحافظ الصخر المتحول على البنية التي كانت موجودة في الصخر الأولي. مثل الغنايس الذي يحافظ على بنية الغرانيت في الغالب.

3- البنية المحطمة: بنية بلورية غير متجانسة تشكلت عند تحطم الصخور، ونميز هنا:

-البنية الغرانوكلاستية: حبات متجانسة الأبعاد.

-البنية البورفيروكلاستية: حبات مختلفة الأبعاد.

-البنية الاسمنتية: يحافظ الصخر على بنيته الأولية الموجودة ضمن كتلة ناعمة ناتجة عن التحطيم.

نسيج الصخور المتحولة

1- نسيج متبقي: نسيج من الصخر الأولي، متطبق من الصخور الرسوبية وكتلي من الصخور الاندفاعية.

2-نسيج متحول: ناتج عن توجه شبه متوازي للحبات البلورية في الصخر تحت تأثير الضغط.

ونميز هنا ما يلي:

-نسيج شيستوي: توجيه مرتب ومنتظم للحبات الفلزية الصفائحية أو الطولية.

-نسيج شريطي: يتم عزل وتجميع لفلزات معينة وفق هيئة شريطية.

-نسيج غنايسي: حبات خشنة منضدة باتجاه محدد.

-نسيج متموج: وجود تجعدات صغيرة في الصخر.

-نسيج ليفي: يميز الصخور ذات الفلزات الليفية مثل الأسبستوز.

-نسيج كتلي: بنية حبيبية متجانسة.

تصنيف الصخور المتحولة

حسب المنشأ: تماسي- هيدروترمالي- اقليمي

وصف بعض أنواع الصخور المتحولة المتوفرة في المخبر

اسم الصخر المتحول	التصنيف	التركيب الفلزي	البنية و النسيج
